

УДК621.7.043

## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОШТАМПОВОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ НУЖД КОСМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Иванов А.Г.

Научный руководитель канд. техн. наук Бер В.И.

*Сибирский федеральный университет*

В космических аппаратах широко используют волноводы для передачи СВЧ-энергии от передатчика в передающую антенну и от приемной антенны к радиопередатчику.

Наличие потерь в линии передач СВЧ-энергии при передаче высоких и средних мощностей приводит к разогреву линии, а при передаче весьма малых мощностей собственные шумы линии, обусловленные потерями, становятся соизмеримыми с полезным сигналом. Токи СВЧ сосредоточены в поверхностных слоях проводника. Собственные потери устройств определяются свойствами поверхностного слоя металла, определяемого глубиной проникновения СВЧ тока вследствие поверхностного эффекта. Потери энергии зависят от качества обработки рабочих поверхностей, т.е. от шероховатости поверхности и от конфигурации волновода. Для уменьшения величины неоднородности, вносимой изгибом, необходимо обеспечить постоянство геометрии полости волновода и высокую чистоту токонесущих поверхностей по всей длине изгиба. В местах изгибов волновода возникают неоднородности, вызывающие отражения энергии колебаний СВЧ. Эти неоднородности не сосредоточены в одной плоскости, а распределены в некотором объеме волновода и им можно придать форму, обеспечивающую минимальные отражения.



Рисунок 1 – Общий вид волновода

В настоящий момент в России не могут осуществить плавные гибы волноводов и решают эту проблему с помощью угловых вставок и пайки, в результате чего увеличивается трудоемкость процесса, дополнительные экономические затраты, качество сварного шва ухудшает распространение СВЧ волн внутри волновода, что ведет к разогреву волновода.

Актуальность данной работы состоит в том, что в ней предлагается принципиально новая установка для гибки волноводов с получением плавных гибов, которая позволит исключить недостатки уже существующих способов.

Был проведен анализ как отечественной, так и зарубежной научной литературы и сравнив существующие на данный момент способы гибки был разработан принципиально новый способ осуществления данной операции, который позволяет осуществлять гибку волноводов на угол  $90^0$  градусов и исключить недостатки существующих методов.

Получение плавных изгибов осуществляется двумя методами:

- гибкой с заполнением объема волноводной трубы;
- гибкой без заполнения.

При первом методе гибки в качестве заполнителя объема заготовки можно использовать сыпучие и пластические материалы; металлы и сплавы с низкой температурой плавления; упругие стальные пластины; шарнирные оправки; жесткие калибрующие оправки.

Рассмотрим несколько вариантов конструкций для гибки, представленных на рисунке 2. Для гибки можно использовать закрытые штампы с постоянной матрицей и штампы с направляющими ножами. При этом в заготовке возникают упругие и пластические деформации

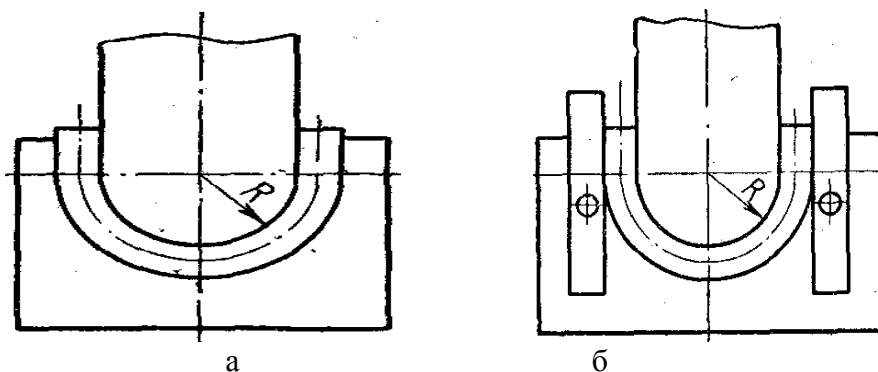


Рисунок 2 - Схема гибки волноводной трубы в закрытом штампе с постоянной матрицей (а) и в штампе с направляющими ножами (б)

Вследствие упругих деформаций материал заготовки пружинит. Это может быть причиной неточности выполнения изгиба, что надо учитывать при проектировании пуансона. Нельзя обеспечить высокой точности из-за угла пружинения заготовки. Поэтому целесообразно применять гибку на штампе с клиновыми ножами, представленную на рисунке 3.

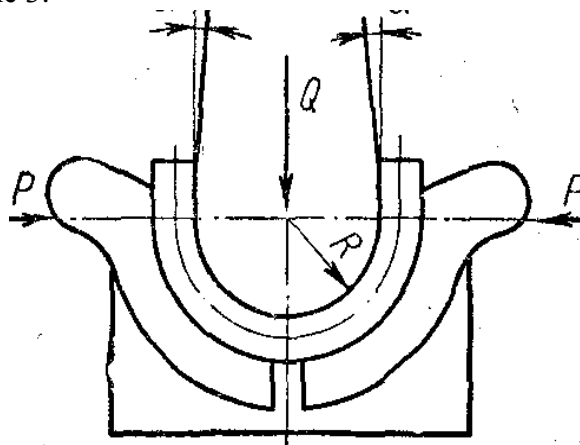


Рисунок 3- Схема гибки волноводной трубы в штампе с клиновыми ножами

Угол  $\alpha$  позволяет изгибать волноводные трубы с учетом пружинящих свойств. Перспективной для гибки волноводных труб с сохранением жестких допусков на внутренние размеры является гибка с шарнирной оправкой, представленной на рисунке 4:

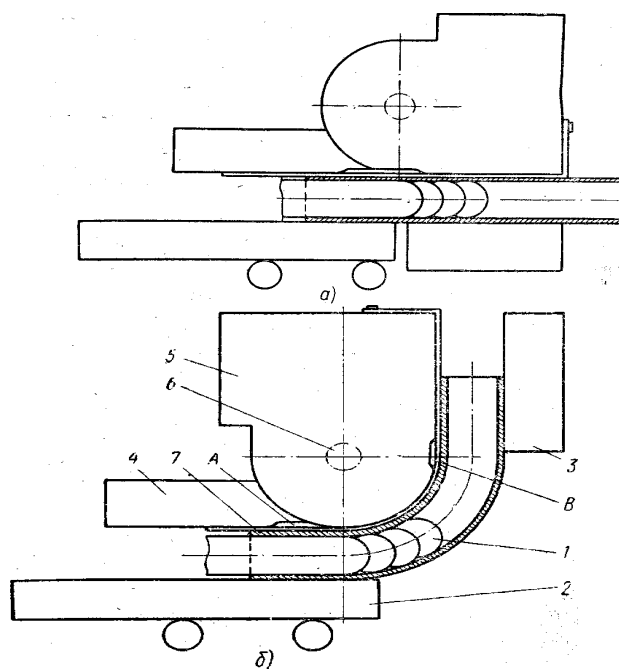


Рисунок 4- Схема гибки с шарнирной оправкой:  
(а) исходное положение заготовки, (б) положение в конце гибки

Существуют и другие способы гибки. На рисунке 5 схематически представлена конструкция установки, которая была разработана и собрана в лаборатории кафедры ОМД в ходе магистерской работы.

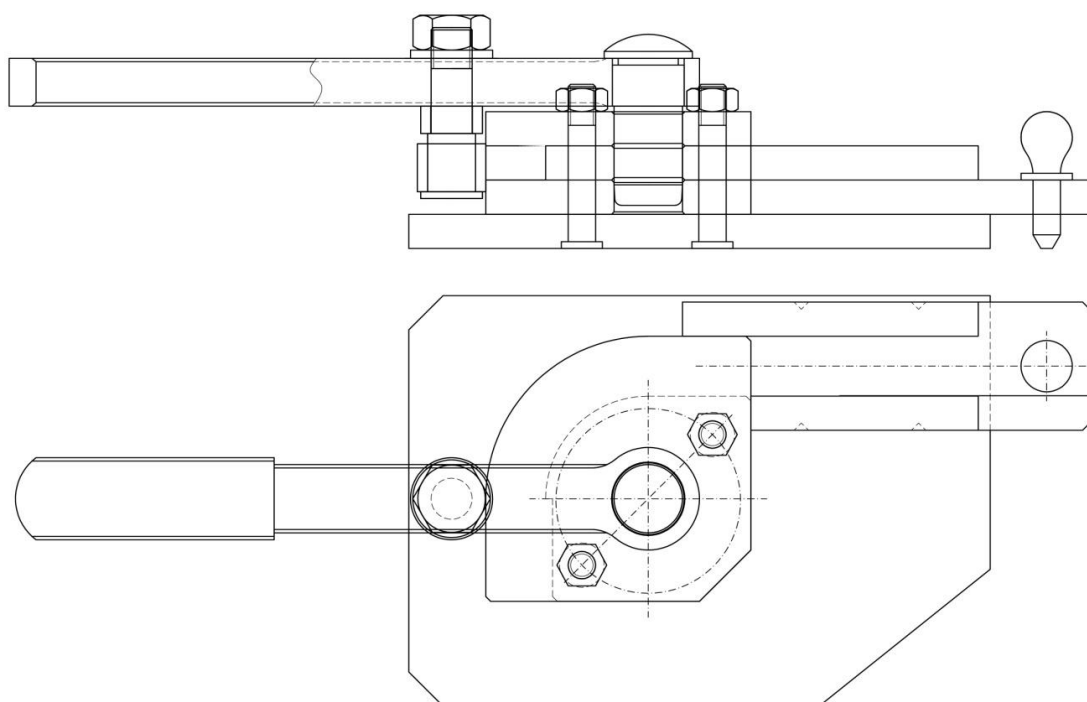


Рисунок 5 - Схема установки для гибки

Данная конструкция проста в изготовлении, гибка профиля осуществляется за счет стального ролика, который гнет волновод по боковой поверхности в зазоре между двумя плитами.

Основные требования, которыми руководствовались при осуществлении данной операции:

- Допускаемое отклонение номинальных размеров внутреннего канала трубы в местахгиба не должно превышать 0,2мм в сторону уменьшения и 0,3мм в сторону увеличения;

- Утонение стенки деформируемого участка трубы не должно превышать 15-20% от ее номинальной толщины;

В настоящий момент установка для испытаний собрана, испытана, но требует некоторых изменений в конструкции и доработок, поэтому в настоящее время ведется ее модернизации. Кроме того, ведется подбор наполнителя для волноводов, от которых в реализуемом процессе зависит возможность получениягиба без разрывов и складок. В этом смысле рассматриваются такие варианты как:

- заполнение полости волновода свинцом;
- набором проволоки;
- песком;
- резиной;
- пластиком;
- силиконом;
- набором металлических вставок.

В результате выполненных работ предложены технические решения, позволяющие усовершенствовать технологический процесс изготовления заготовок волноводов и разработано новое устройство для осуществления данной операции.